



**XVII ERIAC**  
**DECIMOSÉPTIMO ENCUENTRO**  
**REGIONAL IBEROAMERICANO DE CIGRÉ**

21 al 25 de mayo de 2017



## **C2 – OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA**

### **ANÁLISIS Y ENSAYOS PARA EVALUAR LA CONFIABILIDAD DE UNIDADES GENERADORAS**

**J. L. AGÜERO**  
**IITREE-FI-UNLP**  
**Argentina**

**F. ISSOURIBEHERE\***  
**IITREE-FI-UNLP**  
**Argentina**

**C. E. BITEZNIK**  
**IITREE-FI-UNLP**  
**Argentina**

**S. BARBERO**  
**IITREE-FI-UNLP**  
**Argentina**

**R. E. ALVAREZ**  
**IITREE-FI-UNLP**  
**Argentina**

**L. CATALANO**  
**IITREE-FI-UNLP**  
**Argentina**

**Resumen** – Este trabajo presenta los requisitos que son necesarios cumplir y los procedimientos que deben ser llevados a cabo para evaluar la Confiabilidad de la Operación de unidades generadoras de gran porte sean individuales o en Ciclos Combinados (CC) que deseen ingresar al Sistema Argentino de Interconexión (SADI).

El análisis y los ensayos se basa en el Procedimiento Técnico N°4 de CAMMESA y se focaliza en la disponibilidad de elementos redundantes, ya sea en el equipamiento o en los elementos de medición y control de las variables del proceso, que eviten la disminución o interrupción de la generación ante una falla simple.

El trabajo presenta en forma sintética, las etapas en las que se organiza la evaluación, los ensayos que deben ser realizados y los criterios empleados para generar las recomendaciones de mejoras. Toda esta explicación se acompaña con ejemplos de Ensayos y Análisis de Confiabilidad ya realizadas en CC de Argentina.

**Palabras clave:** AUDITORIA, CONFIABILIDAD, CICLOS COMBINADOS, ENSAYOS, GENERACIÓN, GRANDES PERTURBACIONES.

## **1 INTRODUCCIÓN**

La necesidad de la evaluación de la Confiabilidad de la Operación surgió con la instalación de los primeros CC cuya potencia era del orden del 5% de la potencia demandada. Por ello, una salida de servicio de un CC producía cortes de demanda por subfrecuencia ya que la pérdida de generación era superior a la reserva rotante disponible.

El análisis y los ensayos se basa en el Procedimiento Técnico N°4, inciso 2.5.3.7, de CAMMESA y se focaliza en la disponibilidad de elementos redundantes, ya sea en el equipamiento o en los elementos de medición y control de las variables del proceso, que eviten la disminución o interrupción de la generación ante una falla simple.

El agente generador que desee ingresar al SADI deberá proponer a CAMMESA un auditor u organismo de reconocida capacidad técnica para llevar a delante la auditoría. En este sentido, el Instituto de Investigaciones Tecnológicas en Redes y Equipos Eléctricos (IITREE) posee amplia experiencia en este tipo de trabajos.

El análisis para evaluar la confiabilidad del CC tiene por objeto ponderar la magnitud del riesgo de salidas de servicio o de reducciones de la potencia despachada por las unidades generadoras de energía eléctrica originadas en fallas simples de los sistemas de servicios auxiliares y de los sistemas de control.

\* F. Issouribehere, IITREE-FI-UNLP, calle 48 y 116, B1900AMF, La Plata, Argentina – fernandoi@iitree-unlp.org.ar

Con el mismo objeto se analizan las causas de alarmas generadas por variables críticas del proceso, que pueden generar directa o indirectamente disparos de equipamientos, y que requieran la toma de medidas correctivas por parte del operador para evitar posibles disparos de equipamientos asociados que impliquen reducción de la potencia generada por el CC.

Quedan excluidas de este análisis aquellas salidas de servicio por contingencias que tengan origen externo, como son: indisponibilidad del sistema de transporte eléctrico, corte del suministro de gas por la transportista de gas, eventuales DAG y fallas en equipamiento eléctrico para evacuación de energía (Transformadores elevadores, playa de maniobra en AT y equipamiento asociado). Quedan también excluidas del análisis las fallas de origen eléctrico en los generadores, ya que la coordinación y ajuste de las protecciones actuantes son responsabilidad del transportista eléctrico.

Como resultado del análisis surgen las Recomendaciones del Auditor con el propósito de mejorar la confiabilidad de la operación del CC, ante fallas simples en equipamiento de sus servicios auxiliares.

Para la elaboración de las Recomendaciones se evalúa la necesidad de: Procedimientos de Operación en Condiciones de Emergencia, instalación de elementos captadores (transmisores) de variables críticas del proceso, adecuación de lógicas de supervisión y de control, instalación de equipamiento (por ejemplo válvulas), configuraciones de equipamientos para la operación (por ejemplo posición de válvulas).

## **2 DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA**

La Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA) en el Procedimiento Técnico N° 4 (PT4), denominado “Ingreso de Nuevos grandes Usuarios Mayores, Distribuidores, Generadores, Autogeneradores, y Cogeneradores al MEM (Mercado Eléctrico Mayorista)”, específicamente en el capítulo 2, define los requisitos reglamentarios, informativos y técnicos que deben cumplir los Generadores, Autogeneradores y los Cogeneradores para permitir su ingreso al MEM, su habilitación comercial y su despacho.

En cada caso se detallan los requisitos reglamentarios, se especifican las características técnicas que deben cumplir las unidades generadoras de los Generadores, Autogeneradores y Cogeneradores y se detalla la información que deben entregar a CAMMESA.

Una vez obtenida la Habilitación Técnica y habiendo cumplido con los requisitos informativos para la primera sincronización con el SADI, el Generador estará en condiciones de efectuar su conexión a la red, iniciar la marcha de prueba, y comenzar su operación comercial restringida. La Marcha de Prueba finalizará con la Habilitación Comercial del Generador.

Los ensayos a realizar, cuya ejecución deberá estar aprobada por CAMMESA y el Centro de Control de Operaciones de Transportistas por Distribución Troncal (COTDT), deberán demostrar que la central se encuentra en condiciones operativas para conectarse al SADI. CAMMESA, cuando lo estime conveniente, solicitará al Agente un informe de auditores independientes previamente aceptados por CAMMESA con el fin de verificar los ensayos, informar de los resultados de los mismos, evaluar el funcionamiento y estado de elementos críticos en las plantas generadoras. El costo de esos trabajos estará a cargo del Agente.

### **2.1 Ensayos**

Durante la marcha de prueba el Generador deberá realizar los siguientes ensayos:

- Ensayos del sistema de excitación.
- Ensayos del lazo de control potencia-frecuencia.
- Ensayos para medición de los parámetros del generador.
- Ensayos de los estabilizadores de potencia (PSS).
- Ensayos Operativos.
- Ensayos de la DAC, DAG, y control de la compensación de reactivo en la red (CCRR).
- Análisis y ensayos para evaluar la confiabilidad y la estabilidad del generador ante perturbaciones en la frecuencia de la red.

Los Ensayos Operativos tienen por objeto alcanzar gradualmente la potencia máxima en grupos generadores de gran porte o ciclos combinados de potencia total superior a los 300 MW y de este modo minimizar los riesgos de perturbaciones en la red por falla de las nuevas instalaciones. Tratándose de pruebas de equipamiento ingresante al SADI resulta prioritario preservar durante la ejecución de las mismas la seguridad de la operación, debiéndose coordinar previamente las condiciones de la red y el despacho para alcanzar dicho objetivo. Este grupo de ensayos incluye lo siguiente:

1. Marcha con carga parcial de unidades generadoras o CC.
2. Pruebas con dos unidades del CC.
3. Pruebas de rechazos de carga al 50%.
4. Marcha de 72 hs. al 50 y 75 %.
5. Rechazos de carga al 100%.
6. Marcha de 72 horas al 100 %.
7. Reducción controlada de la potencia.

En el análisis y ensayos para evaluar la confiabilidad y la estabilidad del generador ante perturbaciones en la frecuencia de la red, el Generador deberá identificar técnicamente los elementos críticos que pueden producir la salida parcial y/o total de las máquinas e informar las salvaguardas adoptadas. Esta información deberá ser entregada a CAMMESA bajo declaración jurada. El agente con la máquina en carga, de acuerdo a indicaciones de CAMMESA, deberá realizar ensayos en los que se produzca la pérdida de algún elemento de la instalación o se simulen condiciones de falla en algunos elementos que sean críticos para el funcionamiento de la unidad o del Ciclo Combinado, debiendo verificar en cada prueba si la misma permanece en servicio en forma parcial o total. Las medidas de seguridad para las pruebas deberán ser aprobadas por los Prestadores Adicionales de la Función Técnica de Transporte (PAFTT) y CAMMESA dejando establecido el estado de carga con que se realizará el ensayo y el o los elementos que se simularán fallados. El agente deberá proponer a CAMMESA un consultor de reconocida capacidad técnica para auditar los ensayos que se describen en los ANEXOS G y H del PT4 y que se resumen a continuación:

- Rechazo de carga de cada una de las unidades de un CC
- Evaluación del comportamiento del control de la TV ante el rechazo de una TG de un Ciclo Combinado
- Ensayo para evaluación del efecto del disparo de la TV de un Ciclo Combinado sobre la estabilidad de la/s TG.
- Ensayo de inyección de señal de error en el control de potencia-frecuencia simulando una caída de la frecuencia a 48 Hz.
- Operación de la/s unidad/es en baja frecuencia fuera de paralelo,
- Operación de la TV con los auxiliares alimentados desde una fuente con 49 Hz durante tres minutos
- Operación de las unidades generadoras en 48,5 Hz durante 25 s.
- Verificación del funcionamiento del sistema de By-Pass del ciclo de vapor.

El auditor deberá elaborar un informe con su opinión de las pruebas y evaluaciones realizadas dejando constancia del grado de cumplimiento y eficacia de los trabajos y evaluaciones efectuadas. Cuando CAMMESA lo requiera el Agente deberá suministrar la información técnica y/o los protocolos de los ensayos correspondientes. Los estudios del Agente y el informe del auditor también deberán incluir como mínimo el análisis y las pruebas necesarias para evaluar la confiabilidad de los siguientes sistemas:

1. Fallas en bomba de alimentación de agua a la caldera.
2. Fallas en calderas (bombas de circulación, etc.).
3. Fallas de bombas de extracción de condensado.
4. Fallas en el sistema de circulación de agua de refrigeración del condensador (bombas, filtros).
5. Fallas de los compresores y otras fallas probables en el sistema de aire de control.
6. Fallas en el sistema auxiliar de agua de refrigeración (bomba, etc.).
7. Falla en el sistema de suministro de alimentación eléctrica a servicios auxiliares (verificación de conmutación, protecciones).
8. Fallas en el sistema de control (procesadores, remotas, comunicaciones, alimentación, etc.).
9. Fallas en sistema de alimentación de gas (compresores, válvulas, etc.) y diesel oil a las TG.
10. Fallas en el sistema de vapor de sello.

Sobre cada uno de estos puntos se presentará el informe del análisis de confiabilidad de las instalaciones y los protocolos de los ensayos. El auditor deberá emitir su opinión sobre la base del análisis de la información, estudios y ensayos que el Agente disponga en relación con esos sistemas.

El auditor deberá requerir al Agente o dejar constancia en su informe sobre la necesidad de pruebas adicionales cuando ello sea conveniente a los efectos de disponer de los elementos suficientes para evaluar la estabilidad y comportamiento de la unidad ante fallas probables en sus componentes principales.

### 3 DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS Y RESPONSABILIDADES DEL AUDITOR TÉCNICO

El IITREE-FI-UNLP, en carácter de Auditor Técnico de CAMMESA, ha realizado las actividades de Auditor en numerosos CC de la República Argentina. Las actividades realizadas en cada uno de los casos se sintetizan en el siguiente listado:

#### 3.1 Informe N° 1: Descripción de los Sistemas Auxiliares del CC.

Este informe tiene por objeto realizar una descripción del equipamiento componente del CC, de su funcionamiento y de la instrumentación disponible a fin de cuantificar o aproximar la magnitud del riesgo de salidas de servicio o reducciones de potencia de las unidades generadoras de energía eléctrica pertenecientes al CC, originadas en fallas simples de los sistemas de servicios auxiliares y de los sistemas de control.

En primer lugar, esta descripción tiene por objeto comprender el funcionamiento del CC, cubriendo aspectos generales sobre las vinculaciones entre sistemas y sobre la operación del CC. En segundo lugar, la descripción pretende poner de manifiesto los elementos de respaldo en los sistemas de servicios auxiliares que posee el CC para su operación y las lógicas para su accionamiento.

Estos elementos de respaldo deberán operar en caso de fallas simples de los elementos principales de los sistemas de servicios auxiliares a los cuales pertenecen.

En esta descripción se enfatiza la existencia de elementos de respaldo de: medición y supervisión, comando y de protección con que cuenta el CC en los diversos sistemas componentes de los servicios auxiliares y sistemas de control.

#### 3.2 Informe N° 2: Lista y Procedimiento de Ensayos. Procedimiento Técnico N° 4.

Este segundo informe tiene por objeto realizar una descripción de los ensayos a realizar en el CC con el fin de dar cumplimiento al Procedimiento Técnico N° 4 de CAMMESA. Estos ensayos son requisito fundamental para la Habilitación Comercial del Generador. En la Tabla I, se presenta a modo de ejemplo, parte del listado de pruebas confeccionado para un CC.

Tabla I: Listado de pruebas de Confiabilidad del un Ciclo Combinado

| Ensayos del Ciclo Combinado Según PT4 de CAMMESA                          |   |  |                      |                      |   |                         |  |            |
|---|---|--|----------------------|----------------------|---|-------------------------|--|------------|
| DESCRIPCIÓN   |   | CONDICIONES PREVIAS                                    |                      |                      | PRUEBA  | CONDICIONES POSTERIORES |  | REF.       |
| ITEM / PRUEBA   |   | GT11   | GT12                 | ST10                 | Acción  | Duración                | Criterio de Aceptación   | PT4 Inciso |
| CC – 7. Ensayos Operativos / Ensayos de confiabilidad                     |   |  |                      |                      |   |                         |  | ANEXO G    |
| 7.1   | Operación 2x1. Verificación de funcionamiento estable luego del rechazo de carga de la GT11   | 100%   | 100%                 | Máxima carga Posible | Disparo de la GT11 por apertura del interruptor de máquina. | 10 min                  | Operación estable 1x1 sin disparo durante el tiempo indicado sin cambios en la carga de la GT que sigue en funcionamiento  | 7.3.5      |
| 7.2   | Operación 1x1. Apertura del interruptor de 500kV de la GT recién disparada. Verificación de la estabilidad de tensión en 6.6kV.   | 0%   | 100%                 | Máxima carga Posible | Disparo de la GT11 por apertura del interruptor de 500kV    | 10 min                  | Cierre exitoso del Acoplador Automático en barras de 6.6kV. Operación estable 1x1 sin disparo durante el tiempo indicado sin cambios en la carga de la GT que sigue en funcionamiento. | 7.3.5      |
| CC - 9. Operación de los servicios auxiliares con 49 Hz durante 3 minutos |   |  |                      |                      |   |                         |  | ANEXO H    |
| 9.1   | 1x1 Operación con el transformador de servicios auxiliares desconectado. La otra GT en isla con su transformador de servicios auxiliares alimentando todas las cargas auxiliares del ciclo con 49 Hz. | Alimentando los servicios auxiliares en isla con 49 Hz | Máxima carga Posible | Máxima carga Posible |   | 3 min                   | No se debe producir disparo de ninguna turbina. No se debe producir disparo de ningún servicio auxiliar que se encuentre en funcionamiento   | 8.3.3      |
| CC – 10. Ensayos Operativos / Ensayos de confiabilidad                    |   |  |                      |                      |   |                         |  | ANEXO G    |
| 10.1  | Operación 2x1. Verificación de funcionamiento estable luego del rechazo de carga de la GT12   | 100%   | 100%                 | Máxima carga Posible | Disparo de la GT12 por apertura del interruptor de máquina. | 10 min                  | Operación estable 1x1 sin disparo durante el tiempo indicado sin cambios en la carga de la GT que sigue en funcionamiento.   | 7.3.5      |

|  |   |                      |  |                      |  |         |  |              |
|--|---|----------------------|--|----------------------|--|---------|--|--------------|
| 10.2   | Operación 1x1. Apertura del interruptor de 500kV de la GT recién disparada. Verificación de la estabilidad de tensión en 6.6kV.   | 100%                 | 0%   | Máxima carga Posible | Disparo de la GT12 por apertura del interruptor de 500kV | 10 min  | Cierre exitoso del Acoplador Automático en barras de 6.6kV. Operación estable 1x1 sin disparo durante el tiempo indicado sin cambios en la carga de la GT que sigue en funcionamiento. | 7.3.5        |
| CC - 12. Operación de los servicios auxiliares con 49 Hz durante 3 minutos |   |                      |  |                      |  |         |  | ANEXO H      |
| 12.1   | 1x1 Operación con el transformador de servicios auxiliares desconectado. La otra GT en isla con su transformador de servicios auxiliares alimentando todas las cargas auxiliares del ciclo con 49 Hz. | Máxima carga Posible | Alimentando los servicios auxiliares en isla con 49 Hz | Máxima carga Posible |  | 3 min   | No se debe producir disparo de ninguna turbina. No se debe producir disparo de ningún servicio auxiliar que se encuentre en funcionamiento.  | 8.3.3        |
| CC – 18. Ensayos Operativos  |   |                      |  |                      |  |         |  | ANEXO G      |
| 18.1   | Operación 2x1. Verificación de funcionamiento estable.  | 100%                 | 100%   | 100%                 | -  | 72 hs.  | Operación estable 2x1 sin disparo durante el tiempo indicado.  | 7.3.6        |
| CC – 17. Confiabilidad de los servicios auxiliares.                        |   |                      |  |                      |  |         |  | Informe UNLP |
| 17.1   | A ser definidos por el IITREE-LAT de la UNLP. Estas pruebas se inician conjuntamente con la prueba CC – 18.   |                      |  |                      |  | 120 hs. |  |              |

Complementariamente, en la Tabla II se describe el listado de pruebas de confiabilidad de los servicios auxiliares del CC.

Tabla II: Listado de pruebas de Confiabilidad de Servicios Auxiliares del Ciclo Combinado

| Ensayo | Sistema ensayado                            | Descripción de la prueba   | Combustible  |
|--------|---|--|--------------|
| 1      | Turbina de gas                              | Prueba de redundancia de alimentación  | gas o gasoil |
| 2      |   | Falla del sistema de control de la turbina de gas  | gas o gasoil |
| 3      | Turbina de vapor                            | Prueba de redundancia de alimentación  | gas o gasoil |
| 4      |   | Falla del sistema de control de la turbina de vapor  | gas o gasoil |
| 5      | Calderas de recuperación                    | Falla del sistema de control de los HRSG   | gas o gasoil |
| 6      |   | Falla de un sensor de temperatura en el domo de HP (11/12 HAD10CT002/003/004/005)                  | gas o gasoil |
| 7      |   | Falla en la medición de nivel del domo de HP (11/12 HAD10CL001/002/003)                            | gas o gasoil |
| 8      |   | Falla en la medición de nivel del domo de IP (11/12 HAD50CL001/002/003)                            | gas o gasoil |
| 9      |   | Falla en la medición de nivel del domo de LP (11/12 HAD80CL001/002/003)                            | gas o gasoil |
| 10     | Sistema de vapor principal                  | Falla de un sensor de temperatura (10LBA20CT007/008/009)   | gas o gasoil |
| 11     |   | Falla de un sensor de temperatura (10LBB45CT007/008/009)   | gas o gasoil |
| 12     |   | Falla de un medidor de presión (10MAA50CP011/012/013)  | gas o gasoil |
| 13     | Sistema de agua de condensado y condensador | Disparo de una de las bombas de extracción de condensado (3x50 %, 10LCB11/12/13AP001)              | gas o gasoil |
| 14     |   | Falla de un transmisor de nivel (10MAG10CL001/002/003)   | gas o gasoil |
| 15     |   | Falla de un transmisor de presión (10MAG10CP001/002/003)   | gas o gasoil |
| 16     |   | Disparo de una de las bombas de recirculación del condensado (2x100%, 10LCA51AP001 y 10LCA52AP002) | gasoil       |
| 17     | Sistema de agua de alimentación             | Disparo de una bomba de agua de alimentación (3x50%, 10LAC11/12/13AP001)                           | gas o gasoil |
| 18     | Sistema de refrigeración Principal          | Disparo de una bomba de agua de circulación (2x50%, 10PAC11/12AP001)                               | gas o gasoil |
| 19     | Sistema de refrigeración auxiliar           | Disparo de una de las bombas de refrigeración auxiliar (2x100%, 10PCC11/12AP001)                   | gas o gasoil |
| 20     | Sistema de refrigeración de Ciclo Cerrado   | Disparo de una de las bombas de refrigeración en ciclo cerrado (3x50%, 10PGB11/12/13AP001)         | gas o gasoil |

|    |   |  |              |
|----|---|--|--------------|
| 21 | Sistema de agua clarificada y desmineralizada | Disparo de una bomba de succión de agua de río (2x100%, 10GAA01/02AP001)   | gas o gasoil |
| 22 |   | Disparo de una bomba de aporte a Torre de Refrigeración (2x100%, 10GBK21/22AP001)                                    | gas o gasoil |
| 23 |   | Disparo de una bomba de distribución de agua desmineralizada (3x50% 10GHC11/12/13AP001)                              | gas o gasoil |
| 24 |   | Disparo de una bomba de inyección de agua desmineralizada para bajo NOX (3x50%, 10MBU21/22/23AP001)                  | gasoil       |
| 25 | Sistema de aire comprimido                    | Disparo de un compresor de aire de instrumentos (2x100%, 10QFA10/11AN001)  | gas o gasoil |
| 26 |   | Disparo de un compresor de aire de servicios (2x100%, 10QFA61/62AN001)   | gas o gasoil |
| 27 | Sistema de suministro de combustible          | Disparo de un compresor de gas (3x50%, 10EKH72/73/74AN001)   | gas          |
| 28 |   | Falla de un sensor de temperatura (MBP13CT101/102/103)   | gas          |
| 29 |   | Disparo de la bomba de inyección de agua NOX (MBU25AP001)  | gasoil       |
| 30 |   | Disparo de una bomba de impulsión de destilado (3x100%, 98EGD11/12/13AP001)  | gasoil       |
| 31 | Sistema de distribución eléctrica             | Falla en el sistema de suministro de alimentación eléctrica a servicios auxiliares                                   | gas o gasoil |
| 32 |   | Falla del transformador 10BFT60 y verificación del cierre del acoplador de barras entre las barras 10BLA60 y 10BLA50 | gas o gasoil |
| 33 |   | Desenergización de inversores y verificación de la alimentación de las barras de tensión continua                    | gas o gasoil |
| 34 | Sistema de lubricación de la turbina de vapor | Disparo de la bomba en operación de aceite de lubricación  | gas o gasoil |
| 35 | Sistema de supervisión y control de la planta | Falla en el sistema de comunicaciones  | gas o gasoil |

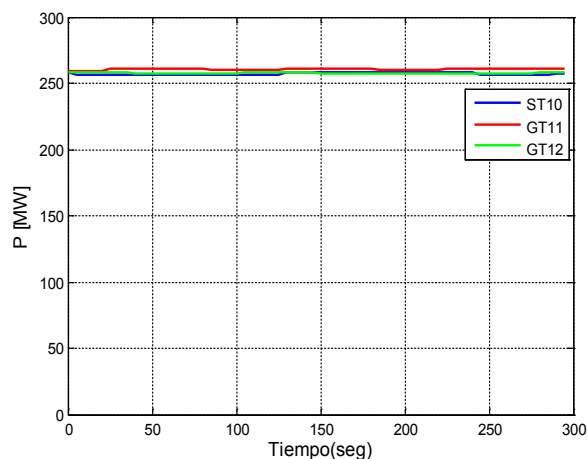
### 3.3 Informe N° 3: Resultado de ensayos y pruebas de Confiabilidad del CC y sus servicios auxiliares.

Para documentar las pruebas se utilizan las salidas en papel del protocolizador de eventos con el listado de todas las alarmas ocurridas y disparos efectuados. Adicionalmente, las pruebas también se documentan con las impresiones de los correspondientes diagramas de tendencia del DCS y con gráficos de todas las variables de interés en cada prueba, registrando las mismas con un período de muestreo de al menos 100 ms. A modo de ejemplo se documentan los resultados obtenidos durante la realización de la prueba n° 17: disparo de una bomba de agua de alimentación. En las Fig. 1 a 6 se grafican las variables de interés.

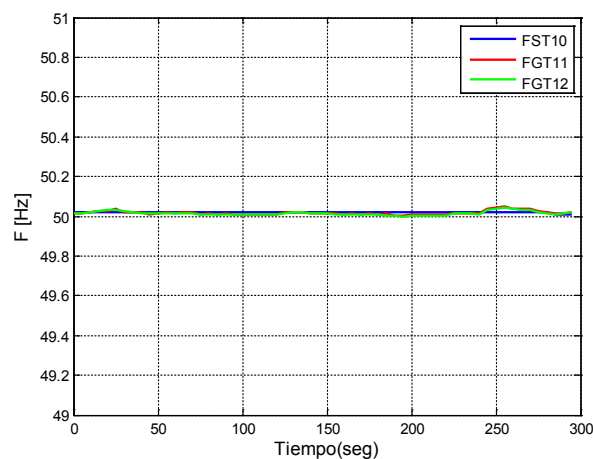
Al dispararse la bomba N°3 se puede apreciar la caída en el caudal de alimentación del domo de HP del HRS11 y su posterior recuperación al arrancar la otra bomba. La presión en la succión de las bombas se eleva al dispararse una de estas. A continuación, para demostrar la realización de la prueba se presenta el registro de eventos. Aquí se puede apreciar el disparo (value = OFF) de la bomba de agua de alimentación N°3 a las 01:53:10.410 hs y el arranque (value = ON) de la bomba de reserva (en ese momento la N°2) a las 01:53:12.008 hs.

Event Sequence Report

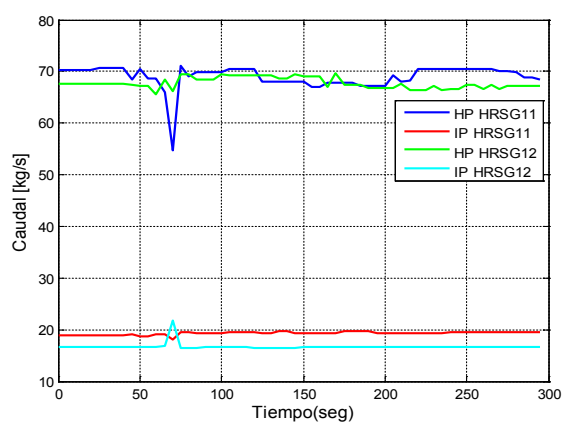
| Time                       | Type | Prio. | Name                      | Designation       | Value     | EngUnit | Quality |
|----------------------------|------|-------|---------------------------|-------------------|-----------|---------|---------|
| 2010/01/19 01:53:09.607 AM |      | 0     | 10LAC13AP001  ALA         | FEED WATER PUMP 3 | CMD OFF   |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:10.410 AM |      | 0     | 10LAC13AP001  XB02        | FEED WATER PUMP 3 | OFF       |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:10.410 AM |      | 0     | 10LAC13AP001  XB01        | FEED WATER PUMP 3 | [ON]      |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:10.410 AM |      | 0     | 10LAC13AP001  ALA         | FEED WATER PUMP 3 | [CMD OFF] |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:10.576 AM |      | 0     | 12LAB30FP901  XH52        | HP FW S/O-V DP    | [<20bar]  |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:10.807 AM |      | 0     | ..B00EU100  2 PUMPS IN OP |                   | 0         |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:10.807 AM |      | 0     | 10LAC00EE001  XA03        | SLC FW PUMPS      | PMP2ON    |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:10.807 AM |      | 0     | 10LAC00EE001 265237 OUT   | Binary Output     | 0         |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:10.807 AM |      | 0     | ..AB00EU100  1 PUMP IN OP |                   | 1         |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:11.048 AM |      | 0     | 11LAB30FP901  XH52        | HP FW S/O-V DP    | [<20bar]  |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:11.208 AM |      | 0     | 10LAC12AP001  ALE         | FEED WATER PUMP 2 | CMD ON    |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:11.448 AM |      | 0     | 11LAB50FP901  XH52        | IP FW S/O-V DP    | [<5bar]   |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:11.735 AM | I&C  | 0     | 10LAC12AP001  Q_AL        | FEED WATER PUMP 2 | present   |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:11.827 AM |      | 0     | 11LAB90AA101  ALA         | LP FW CTRL-V      | CMD CLOSE |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:12.008 AM |      | 0     | 10LAC12AP001  XB01        | FEED WATER PUMP 2 | ON        |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:12.008 AM |      | 0     | 10LAC12AP001  ALE         | FEED WATER PUMP 2 | [CMD ON]  |         | GOD     |
| 2010/01/19 01:53:12.008 AM |      | 0     | 10LAC12AP001  XB02        | FEED WATER PUMP 2 | [OFF]     |         | GOD     |



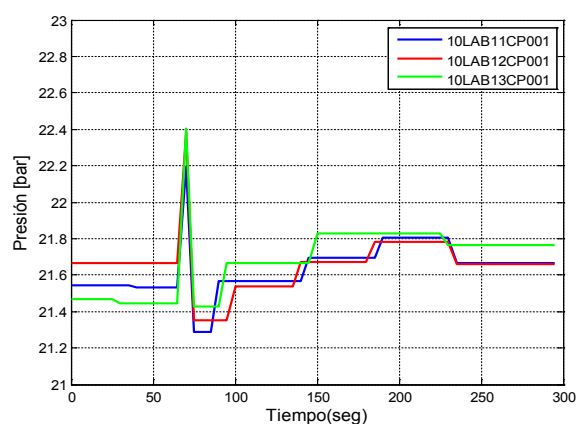
**Fig. 1:** Potencia generada.



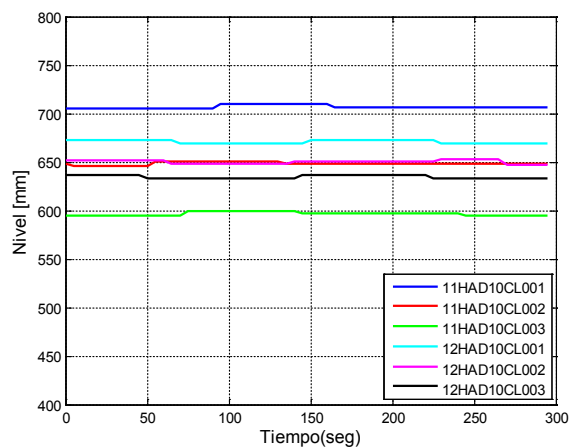
**Fig. 2:** Frecuencia.



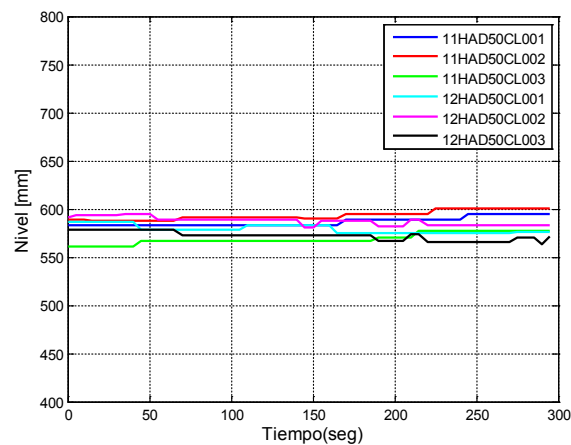
**Fig. 3:** Caudales de agua a los domos de HP e IP de los HRSG.



**Fig. 4:** Presiones en la succión de las bombas de alimentación.



**Fig. 5:** Nivel de los domos de HP.



**Fig. 6:** Nivel de los domos de IP.

En este tercer Informe se documentan los resultados de todos y cada uno de los ensayos y pruebas (válido o no válido) y se indican claramente también las pruebas que no se han realizado o están pendientes.

### 3.4 Informe N° 4: Recomendaciones del Auditor para mejorar la Confiabilidad del CC.

Como resultado de la Auditoría Técnica realizada por el IITREE-LAT en su carácter de Auditor Técnico de CAMMESA, se elaboran recomendaciones para mejorar la confiabilidad de los servicios auxiliares del Ciclo Combinado. Dichas recomendaciones se presentan, a modo de resumen, en la Tabla III.

Tabla III: Recomendaciones del Auditor para mejorar la Confiabilidad del CC

| Sistema   | Recomendación  | Prioridad |
|---|--|-----------|
| Disparo ST  | Se recomienda tener un Procedimiento de Operación para reducir generación en las GT ante el disparo de la ST y falla en bomba de respaldo de extracción de condensado.   | Media     |
| Calderas de Recuperación de Calor (HRS) – Domo de HP                              | Se recomienda generar una alarma ante alta presión de Domo de HP   | Media     |
| Calderas de Recuperación de Calor (HRS) – Domo de IP                              | Se recomienda generar una alarma ante alta presión de Domo de IP   | Media     |
| Calderas de Recuperación de Calor (HRS) – Domo de LP                              | Se recomienda generar una alarma ante alta presión de Domo de LP   | Media     |
| Sistema de agua de condensado y condensador - Sistema precalentador de condensado | Se recomienda instalar una redundancia en el sensor 10LCA30CT001 (lógica dos de tres)  | Alta      |
|   | Cuando el CC opera con combustible líquido y dada la utilidad del desaireador, se recomienda la evaluación de su confiabilidad y aumentar la redundancia de las variables de control necesarias.   | Media     |
| Sistema de vapor auxiliar y vapor de sellos                                       | Dada la utilidad de la caldera auxiliar en la operación con combustible líquido y en el arranque del CC, se recomienda la incorporación de una línea de salida de vapor recalentado hacia el sistema de vapor auxiliar, a los fines de proveer vapor cuando la caldera auxiliar esté indisponible.   | Media     |
| Sistema de agua de alimentación   | Se recomienda instalar una redundancia en el sensor 10LBA10CT001 (lógica dos de tres).   | Alta      |
| Sistema de agua de circulación (refrigeración principal)                          | Se recomienda elaborar un procedimiento ante la falla de una de las bombas de circulación. El procedimiento debe evitar la pérdida total de la ST.   | Media     |
|   | Se recomienda implementar redundancias en los elementos de control de las válvulas de salida de las bombas de agua de refrigeración principal  | Alta      |
| Sistema de agua clarificada y desmineralizada                                     | La señal del sensor de presión diferencial (10MBU30CP002) de las bombas de inyección puede provocar el disparo de este sistema. Se recomienda implementar sensores individuales por bombas o lógica 2 de 3 sobre esta medición.<br>Se recomienda aplicar lógica 2/3 sobre los medidores de nivel de los tanques de almacenamiento de agua desmineralizada (10GHC01CL001/2 y 10GHC02CL001/2). | Alta      |
| Sistema de agua de inyección para bajo NOx  | Dada la criticidad de este sistema se recomienda elevar la confiabilidad de éste aumentando la redundancia de los sensores (lógica 2/3) y elementos de control necesarios.   | Alta      |
| Sistema de aire comprimido  | Se recomienda aumentar la redundancia del sensor 10QFB10CP001  | Alta      |
| Sistema de suministro de combustible – Gas natural                                | Se recomienda instalar una línea de by-pass al medidor de caudal (11/12EKG60BP001) y el filtro anterior  | Media     |
|   | Se recomienda la implementación de redundancia en la alimentación de los tres paneles de los compresores de gas  | Alta      |
| Sistema de lubricación de la turbina de vapor                                     | Se recomienda verificar la confiabilidad de los sensores de control de temperatura 10MVA42CT001/2.   | Media     |
| Sistema de distribución eléctrica   | Se recomienda elaborar un procedimiento ante la pérdida de gran parte de los ventiladores de la torre de refrigeración. El procedimiento debe evitar la pérdida total de la ST.  | Media     |
|   | Se recomienda elevar la confiabilidad en la alimentación de las bombas de inyección de agua (10MBU21/22/23AP001) para el sistema de reducción de bajo NOx.   | Alta      |

Las recomendaciones del Auditor son analizadas por el propietario del CC y se elaboran las respuestas a cada una de ellas. Las de prioridad Alta son de cumplimiento obligatorio. En la Tabla IV se ilustra una respuesta.

Tabla IV: Respuestas del propietario a las Recomendaciones del Auditor

| Sistema                         | Recomendación  | Prioridad | Opinión propietario                 | Acción propietario  |
|---------------------------------|--|-----------|-------------------------------------|---|
| Sistema de agua de alimentación | Se recomienda instalar una redundancia en el sensor 10LAB10CT001 (lógica dos de tres). | Alta      | Estamos de acuerdo con lo indicado. | Se solicitó al Contratista, estamos a la espera de su propuesta |

A modo de resumen, en general puede mencionarse lo siguiente:

- En todos los casos recomendados por el Auditor se instalan las redundancias en sensores críticos.
- Se programan todas las alarmas solicitadas y se implementan todos los procedimientos de operación.

Luego de analizar las respuestas del propietario a las recomendaciones del Auditor, y en el caso que las acciones a adoptar por el propietario sean satisfactorias para el Auditor, se emitirá un informe final indicando que las modificaciones a realizar en el CC son satisfactorias y aceptadas por el Auditor.

## 4 CONCLUSIONES

En este artículo se presenta el procedimiento detallado de las acciones y pasos a seguir para lograr la Habilitación Técnica y Comercial de Ciclos combinados de gran porte de acuerdo a los requerimientos de CAMMESA. Dicho procedimiento ha sido tenido en cuenta para la habilitación de todos los CC que conforman la matriz energética de la República Argentina.

## 5 REFERENCIAS

- [1] Procedimiento Técnico N° 4 de CAMMESA. “Ingreso de nuevos grandes usuarios mayores, distribuidores, generadores, autogeneradores y cogeneradores al MEM”.